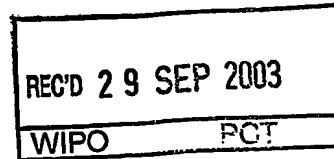


BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

16. 09. 2003

EP03/09190

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 38 290.5

Anmeldetag: 21. August 2002

Anmelder/Inhaber: Siemens Aktiengesellschaft,
München/DE

Bezeichnung: Verteilungsfächer für eine effiziente,
ausfallsichere Verkehrsverteilung in
einem Paketnetz

IPC: H 04 L 12/56

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 11. September 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Stempel

BEST AVAILABLE COPY

Beschreibung

Verteilungsfächer für eine effiziente, ausfallsichere Verkehrsverteilung in einem Paketnetz

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Festlegung eines Verteilungsfächers in einem Paketnetz für Paketverkehr mit demselben Ausgangsknoten im Sinne einer effizienten, ausfallsicheren Verkehrsverteilung.

10

Gegenwärtig ist ein zentrales Ziel der Weiterentwicklung von Paketnetzen Echtzeitdienste über Paketnetze anbieten zu können. Die Entwicklungsaufgaben umfassen Aspekte der Vermittlungstechnik, Netzwerktechnik und Internettechnologie.

15

Herkömmlich werden Paketnetze vor allem für die Übertragung von zeitunkritischen Daten wie z.B. Filetransfer oder elektronische Mail verwendet. Ziel neuerer Entwicklungen ist es, auch Dienste mit Echtzeitanforderungen wie z.B. Telefonie, die herkömmlich über leitungsvermittelte Netzwerke abgewickelt wird, und Videoinformationen zu übertragen.

20

Diese beabsichtigte Erweiterung des Dienstespektrums involviert entsprechende Anforderungen an die Übertragungsqualität. Für Dienste mit Echtzeitübertragung müssen bestimmte Qualitätsparameter, z.B. Grenzen für die Verzögerung und für den Verlust von Datenpaketen, eingehalten werden. In der Fachliteratur spricht man in diesem Zusammenhang häufig von Quality of Service, abgekürzt QoS, Parametern bzw. Anforderungen.

30

Die am weitesten verbreitete Paketnetztechnologie, die auf dem IP (Internet Protocol) Protokoll basiert, sieht herkömmlich bei der Übertragung von Paketen nur ein Best-effort-Routing vor. Pakete werden von Punkt zu Punkt bzw. von Router zu Router übertragen, wobei der jeweilige Router nur lokal eine Entscheidung über die Weiterübertragung der Pakete zum

35

nächsten Router entscheidet. In der Internetterminologie spricht man von einzelnen Hops. Im Rahmen dieses Best-effort-Verfahrens lassen sich keine Quality-of-Service-Parameter garantieren. Es ist keine entsprechende Kontrolle der Verzögerungszeiten oder der Paketverlustrate vorgesehen. Diese beiden Parameter können erhebliche Werte annehmen, z.B. wenn es zu Engpässen bei einzelnen Routern bzw. auf einzelnen Links kommt.

- 10 Eine Vorgehensweise bei Paketnetzen, um die für die Quality-of-Service-Niveau-Übertragung notwendige Kontrolle zu gewährleisten, ist die Reservierung von Pfaden von Ende zu Ende bzw. von Host zu Host. Verfahren, die mit Pfadreservierung arbeiten, sind beispielsweise das ATM (Asynchronos Transfer Mode) Verfahren oder für IP-Netze das MPLS (Multi Protocol Label Switching) Verfahren. Die Reservierung von vollständigen Pfaden hat den Nachteil hoher Komplexität, geringer Flexibilität und schlechter Ressourcen-Ausnutzung. Deshalb wurden für das IP-Netz andere Verfahren entwickelt, die zumindest teilweise die Flexibilität des ursprünglichen IP-Konzeptes mit Best-effort bewahren. Ein solcher Ansatz ist das DIFF-Serve-Konzept (Differentiated Services Konzept), bei dem Pakete bei Eintritt in ein Teilnetz priorisiert werden und innerhalb des Teilnetzes entsprechend ihrer Priorisierung behandelt werden. Letztlich führt dieser Ansatz aber nicht zu echten Quality-of-Service-Garantien, sondern nur zur Einführung von Class-of-Service-Kategorien.

30 Die Erfindung hat zur Aufgabe, Datenübertragung mit Quality-of-Service-Garantien über ein Paketnetz zu ermöglichen, wobei Nachteile herkömmlicher Verfahren vermieden werden.

Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren nach Anspruch 1.

- 35 Der Ausgangspunkt für das erfindungsgemäße Verfahren ist das folgende Konzept für Netze mit Quality-of-Service-Datenübertragung. Eine effiziente Übertragung von Datenpake-

ten, die für eine Quality-of-Service-Übertragung notwendige Grenzen für Verzögerungszeiten und Verlustraten respektiert, lässt sich durch eine strikte Kontrolle des Verkehrsaufkommens in einem Netz verbunden mit einer flexiblen Verteilung des Verkehrs innerhalb des Netzes erreichen. Im Zentrum der folgenden Ausführungen steht die effiziente Verteilung von Datenpaketen innerhalb eines Paketnetzes für das gesamte Verkehrsaufkommen durch Zulässigkeitsüberprüfungen an den Netzrändern beschränkt werden kann.

Es sei ein Paketnetz mit Knoten (beispielsweise gebildet durch Router) gegeben. Weiter seien die Knoten mit Hilfe von physikalischen Verbindungen - im Folgenden als Verbindungsabschnitte bezeichnet, vernetzt. Erfindungsgemäß wird angegeben, wie Paketverkehr innerhalb des Netzes so verteilt werden kann, dass Engpässe oder Beeinträchtigungen durch den Ausfall von Übertragungsabschnitten weitgehend vermieden werden.

Für die Beschreibung der Erfindung werden im Folgenden einige Begriffe eingeführt bzw. definiert. Im Rahmen des Konzeptes für die Garantie von Qualitätskriterien bei der Übertragung von Datenpaketen über ein Paketnetz mit Hilfe von Zulässigkeitskontrollen und Verkehrsverteilung werden Datenpakete mit dem selben Eingangs- und Ausgangsknoten zusammengefasst. Im Folgenden wird die Gesamtheit solcher Pakete als Flow bezeichnet, d.h. ein Flow ist gegeben durch die Datenpakete, die zwischen dem selben Eingangs- und Ausgangspunkt des Netzes über beliebige Pfade innerhalb des Netzes übertragen werden. Diese Definition unterscheidet sich von der üblichen Definition von Flow, bei der die Übertragung von Endpunkt zu Endpunkt, d.h. z.B. von Host zu Host oder von Endgerät zu Endgerät betrachtet wird. Verteilfächer werden pro Flow definiert und umfassen die Gesamtheit der möglichen Wege von Datenpaketen eines Flows. Es ist sinnvoll, möglichst eine Reihe von verschiedenen Pfaden für Pakete eines Flows zuzulassen, um Flexibilität zu gewährleisten. Es kann abschnittsweise zudem mit Gewichten gearbeitet werden, um bestimmte Pfade bzw.

bestimmte Verbindungsabschnitte bei der Verkehrsverteilung stärker zu gewichten, beispielsweise weil dort eine höhere

Übertragungskapazität zur Verfügung steht. Um die Verteilfächer näher zu charakterisieren, wird der Begriff „Link“ verwendet. Ein Verteilfächer besteht dann aus einer Vielzahl von (logischen) Links. Ein (logischer) Link bezeichnet einen (physikalischen) Verbindungsabschnitt, über den der zugehörige Verteilfächer des Links Datenpakete übertragen kann. Im Gegensatz zu den (physikalischen) Verbindungsabschnitten wird den (logischen) Links eine Richtung zugeordnet, die angibt, in welcher Richtung der Verteilungsfächer des Links Datenpakete über den Verbindungsabschnitt übertragen kann.

Erfindungsgemäß werden Netzknoten in Abhängigkeit eines Ausgangsknoten für Flows klassifiziert. Die Klasse bestimmt sich aus der minimalen Anzahl der Hops bzw. der Verbindungsabschnitte zwischen dem jeweiligen Knoten und dem Ausgangsknoten. Die Bestimmung der minimalen Anzahl an Hops kann beispielsweise für IP-Netze mit Hilfe von durch Routingprotokolle wie SPF oder OSPF ausgetauschte Topologieinformationen erfolgen. Netzknoten, die den selben Abstand im Sinne von der minimalen Anzahl an Hops zu dem Ausgangsknoten haben, gehören zu der selben Klasse. Im Folgenden wird der Einfachheit halber von Netzknoten der Klasse N gesprochen, wobei N eine natürliche Zahl ist und die minimale Anzahl an Hops zudem Ausgangsknoten bezeichnet. Von Knoten der Klasse N können nun Links zu Knoten der Klasse N-1, d.h. in Richtung des Ausgangsknoten geführt werden. Um eine möglichst große Vielfalt von Wegen zu haben, ist es sinnvoll, für einen Knoten der Klasse N > 1 für alle Verbindungsabschnitte zu Knoten der Klasse N-1 logische Links einzuführen. Die so eingeführten logischen Links führen immer von Knoten einer Klasse mit einer größeren minimalen Anzahl an Hops (Klasse N) zu einer Klasse mit einer um 1 geringeren minimalen Anzahl an Hops (Klasse N-1). Die so definierten Links beinhalten folglich keine Schleifen. Zudem ist es noch möglich, innerhalb einer Klasse logische Links einzuführen, wobei auf Schleifenfrei-

heit geachtet werden sollte. Neben der Schleifenfreiheit ist auf folgende zwei Aspekte bei der Einführung von logischen Links innerhalb einer Klasse Rücksicht zu nehmen: Es sollten alle Knoten nach Möglichkeit viele ausgehende Links aufweisen, um Alternativen bei Störfällen zu haben. Deswegen sollte die untere Grenze der Anzahl von ausgehenden Links für eine Klasse möglichst groß sein. Der andere Aspekt ist, dass innerhalb einer Klasse möglichst viele Links festgelegt werden sollten, um die Anzahl der Wegalternativen zu optimieren, wobei auf Schleifenfreiheit innerhalb der Klasse zu achten ist.

Durch die Einführung von Klassen und die Definition von Links von Knoten der jeweils höheren Klasse zur niedrigeren Klasse wird ein Gerüst für Flow-bezogene Verteilungsfächer festgelegt, das durch Links innerhalb der einzelnen Klassen ergänzt werden kann. Wesentliche Vorteile sind Effizienz und Schleifenfreiheit. Die erfindungsgemäße Verkehrsverteilung konzentriert sich auf Links zwischen Klassen. Bei der Verwendung von der Anzahl der Hops als Metrik minimierte das Routing von höheren zu niedrigeren Klassen den Weg der Datenpakete. Das Routing bzw. die Verteilung innerhalb von Klassen kann auf ein Minimum beschränkt werden. Dadurch sind möglichst kurze Pfade und folglich ein effizientes Routing sichergestellt. Das Routing von höheren Klassen zu niedrigeren Klassen von Knoten ist unidirektional. Schleifen, die Knoten von mehr als einer Klasse umfassen, sind bei diesem Routing ausgeschlossen. Das Problem, Schleifenfreiheit im Gesamtnetz herzustellen, reduziert sich auf eine Linkfestsetzung innerhalb von Klassen von Knoten, bei der Schleifenbildung innerhalb der Klasse vermieden werden muss. Das ursprüngliche Problem ist damit auf ein Problem eines erheblich geringeren Komplexitätsgrades abgebildet.

Für eine schleifenfreie Festlegung von Links innerhalb einer Klasse kann man wie folgt vorgehen:

- Die Knoten der Klasse werden entsprechend der Anzahl an ausgehenden Links bzw. bei Knoten mit derselben Anzahl an ~~ausgehenden Links entsprechend der Kapazität der eingehenden~~ Links in eine Reihenfolge gebracht.

- 5 - Wenigstens für einen Teil der Knoten werden entsprechend des Reihenfolge für jeden Knoten die folgenden Schritte durchgeführt:

-- Von dem jeweiligen Knoten wird der kürzeste Pfad zu der Menge der Knoten der Klasse, die um 1 geringer ist, identifiziert, wobei Pfade über die ausgehende Links, die direkt zu Knoten der Klasse N-1 führen, nicht betrachtet werden. Durch die Identifikation des kürzesten Pfades wird Verkehrsverteilung innerhalb der Klasse minimiert, d.h. für ein effizientes Routing gesorgt. Bei mehreren Pfaden mit minimalen Anstand zu
15 der nächst niedrigen Klasse können alle auf Schleifenfreiheit untersucht werden.

-- Wenn ein identifizierter Pfad nicht zu einer Schleife innerhalb der Knoten der Klasse führt, wird der Link über den ersten Verbindungsabschnitt des identifizierten Pfades als
20 Link in Verteilungsfächer aufgenommen. Im Falle von mehreren identifizierten Pfaden kann bei Schleifenfreiheit einer ausgewählt werden oder auch eine Festlegung von mehr als einem Link für den betrachteten Knoten vorgenommen werden.

25 Die erfindungsgemäße Festlegung von Verteilungsfächern hat den Vorteil einer großen Flexibilität und geringen Störanfälligkeit. Der erfindungsgemäß festgelegte Verteilungsfächer bezieht sich erst einmal lediglich auf einen Ausgangsknoten (egress node). Aus dem Verteilungsfächer kann eine Verkehrs-
30 verteilung für alle Flows, die über den Ausgangsknoten übertragen werden, abgeleitet werden, indem eine Auswahl von Links des Verteilungsfächers durchgeführt wird. Beispielsweise wird für einen Flow der Eingangsknoten (ingress node) in die Klassifizierung mit einbezogen. Die Gesamtheit der Pfade
35 von dem Eingangsknoten des Flows zu dem Ausgangsknoten, die

über Links des Verteilungsfächers führen, definiert eine Untermenge der Links des Verteilungsfächers, die wiederum einen Verteilungsfächer für den betrachteten Flow festlegen. Die Routingtabellen der Router des Paketnetzes können nun nach

5 Maßgabe der Verteilungsfächer für Flows eingerichtet werden. Das Routing bzw. die Weitervermittlung von Datenpaketen innerhalb des Paketnetzes erfolgt dann nach Maßgabe des Verteilungsfächers für den zugehörigen Flow. Ein Flow kann über mehrere Pfade des zugehörigen Verteilungsfächers verteilt

10 werden, um eine ausgeglichene Verkehrsverteilung zu gewährleisten. Diese Verteilung kann z.B. nach Maßgabe von Verbindungszugehörigkeit von Paketen bzw. entsprechend der Ziel- und Ursprungsadresse des Paketes erfolgen. Datenübertragung mit QoS Niveau ist realisierbar, indem man das gesamte Verkehrs

15 aufkommen des Netzes beschränkt und durch die erfindungsgemäße Verkehrsaufteilung

- Verzögerungen vermeidet durch Konzentration auf Routing von höheren Klassen zu niedrigeren Klassen und
- Verkehrsspitzen (und damit Engpässe) durch Verkehrsverteilung und Alternativpfade vermeidet.

20

Die Verkehrsverteilung kann dynamisch anhand der aktuellen Verkehrswerte vorgenommen werden, wobei der Verteilungsfächer so konzipiert ist, dass jeder einzelne Knoten möglichst Alternativen für die Weiterleitung von Datenpaketen eines Flows hat.

Die vorgestellte Klassifizierung nach Maßgabe eines Ausgangsknoten kann für alle Flows, die das Paketnetz bei dem Ausgangsknoten verlassen, zur Reaktion auf Linkausfälle verwendet werden. Da in der Umgebung des Ausgangsknoten bezüglich der Wegevielfalt ein Engpass auftritt, ist es sinnvoll, die Klassifizierung zumindest für Knoten in der Umgebung des Ausgangsknoten durchzuführen. Für eine Anwendung bei beliebigen

30 die betrachteten Flows betreffenden Linkausfällen ist eine Klassifizierung aller Knoten, über die zu Flows mit dem betrachteten Ausgangsknoten gehöriger Verkehr geführt wird,

35

bzw. eine Klassifizierung aller Knoten des Datennetzes zweckdienlich. Das Verfahren bzw. die Klassifizierung kann für alle Ausgangsknoten und damit für alle möglichen Flows vorgenommen werden.

5

Bei Ausfall eines ausgehenden Linkes eines erfindungsgemäß klassifizierten Knoten kann auf folgende Weise reagiert werden: Für den Fall, dass der Knoten zwei oder mehr ausgehende Links aufweist, kann der Verkehr, der normal über den ausgefallenen Links geleitet würde, über den bzw. über die anderen Links des Knoten verteilt werden. Wenn der einzige ausgehende Link eines Knotens ausfällt, kann die Richtung der auf den Knoten zugehenden Links, die bei Knoten der selben Klasse ihren Ausgangspunkt haben, invertiert werden. Bei Ausfall des einzigen ausgehenden Links eines Knotens der keine auf ihn zuführenden Links von Knoten der selben Klasse hat, können alle auf ihn zuführenden Links anderer Klassen, d.h. für einen Link der Klasse N in der Regel die Links zu Knoten der Klasse N+1 invertiert werden.

20

Wenn die Ausfallszeit einen bestimmten Grenzwert überschreitet, kann eine Neubestimmung der Klasse des Knotens mit dem ausgefallenen Links durchgeführt werden.

25

Im Folgenden wird die Erfindung im Rahmen von Ausführungsbeispielen anhand von Figuren näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 Netzabschnitt mit erfindungsgemäßer Klassifizierung von Knoten

30

Figur 2 Festlegung von Links zwischen Knoten verschiedener Klassen

Figur 3 Festlegung von Links zwischen Knoten derselben Klasse

35

Figur 4 Illustration der Engstelle nahe eines Ausgangsknotens

5 Figur 5 Reaktion auf Linkausfall durch Verkehrsumleitung über alternative ausgehende Links

Figur 6 Reaktion auf ausfallenden Link durch Invertierung eines eingehenden Links der selben Klasse

10 Figur 7 Reaktion auf Linkausfall durch Invertierung von Links zu Knoten anderer Klassen

Figur 8 Reaktion auf Linkausfall durch Neuklassifizierung des Knotens.

15

Für einen Ausgangsknoten wird ein Verteilungsfächer, der alle Knoten des Netzes umfasst, auf folgende Weise konstruiert: Für alle Knoten wird der Abstand in der minimalen Anzahl von Hops gemessen, die zu dem Ausgangsknoten führen. Die Anzahl der Hops bestimmt dann die Klassenzugehörigkeit. Für jeden Knoten einer Klasse N werden dann auf allen Verbindungsabschnitten zwischen dem Knoten und Knoten der Klasse N-1 Links festgelegt, die zu den Knoten der Klasse N-1 führen. Die Bestimmung von Knoten innerhalb einer Klasse erfolgt in folgenden Schritten. Zuerst werden die Knoten einer Klasse nach der Anzahl der von dem Knoten ausgehenden Links und der Kapazität der eingehenden Links geordnet. Bei dieser Einordnung werden Links in der Reihenfolge der Anzahl der ausgehenden Links betrachtet, wobei ausgehend von Knoten mit weniger ausgehenden Links zu Knoten mit mehr ausgehenden Links vorgegangen wird. Bei Knoten, die die selbe Anzahl von ausgehenden Links haben, werden die zuerst betrachtet, die eine höhere Kapazität der eingehenden Links haben. Falls die Kapazität der eingehenden Links nicht bekannt ist, kann auch alternativ die Anzahl der eingehenden Links betrachtet werden. In dieser Reihenfolge werden für die Knoten einer Klasse N Links innerhalb der Klasse festgesetzt. Die Schritte sind dann:

20

30

35

1. Wähle einen Knoten der Klasse N entsprechend der oben definierten Reihenfolge.

~~2. Identifiziere den kürzesten Pfad zu der Menge der Knoten~~
der Klasse, die um 1 geringer ist, wobei der Pfad nicht über die ausgehenden Links, die direkt zu Knoten der Klasse N-1 führen, führen darf.

3. Wenn dieser Pfad nicht zu einer Schleife innerhalb der Knoten der Klasse N führt, wird der Link über den ersten Verbindungsabschnitt des identifizierten Pfades als Link in den Verteilungsfächer aufgenommen.

4. Danach wird der nächste Knoten der Klasse N in der oben definierten Reihenfolge betrachtet.

Auf diese Weise wird eine möglichst große Zahl von Links innerhalb einer Klasse eingeführt, die die beiden Bedingungen Schleifenfreiheit und eine möglichst kleine untere Grenze für die minimale Anzahl ausgehender Links erfüllt.

Figur 1 zeigt beispielhaft 11 Knoten eines Netzes, für die eine erfindungsgemäße Klassifizierung vorgenommen wird. Der Ausgangsknoten ist durch ein Viereck gekennzeichnet. Knoten der Klasse 1 sind durch einen Kreis, Knoten der Klasse 2 durch einen Doppelkreis und Knoten der Klasse 3 durch einen dreifachen Kreis dargestellt. Verbindungsabschnitte zwischen den Knoten sind durch durchgezogene Linien gekennzeichnet.

Figur 2 zeigt die Einführung von Links zwischen Knoten verschiedener Klassen, die Links von Klasse 1 zu Klasse 0 sind durch eine gepunktete Linie und die Richtung durch eine Pfeilspitze dargestellt. Es bestehen folgende Links zwischen Klasse 1 und 0:

- Von Knoten 5 zu Knoten 4
- Von Knoten 1 zu Knoten 4
- Von Knoten 2 zu Knoten 4
- Von Knoten 9 zu Knoten 4.

Links von der Klasse 2 zu der Klasse 1 sind durch eine gestrichelte Linie dargestellt und ihre Richtung durch Pfeilspitzen. Es bestehen folgende Links der Klasse 2 zur Klasse 1:

- 5 - Von Knoten 8 zu Knoten 5
- Von Knoten 3 zu Knoten 5
- Von Knoten 3 zu Knoten 1
- Von Knoten 6 zu Knoten 1
- Von Knoten 6 zu Knoten 9
- 10 - Von Knoten 11 zu Knoten 9
- Von Knoten 10 zu Knoten 9
- Von Knoten 10 zu Knoten 2.

Schließlich sind durch eine Linie, wo sich Striche und Punkte abwechseln, und durch Pfeilspitzen die Links von der Klasse 3 zur 2 gekennzeichnet. Es handelt sich um folgende Links:

- Von Knoten 7 zu Knoten 8
- Von Knoten 7 zu Knoten 3
- Von Knoten 7 zu Knoten 10.

20

Figur 3 zeigt, wie Links innerhalb von Klassen festgelegt werden entsprechend der oben beschriebenen Methode. Links innerhalb der Klasse 1 sind durch gepunktete Pfeile und Links innerhalb der Klasse 2 durch gestrichelte Pfeile gekennzeichnet. Die Links innerhalb der Klasse 1 umfassen:

- Von Knoten 5 zu Knoten 1
- Von Knoten 1 zu Knoten 2
- Von Knoten 9 zu Knoten 2.

30 Die Links innerhalb der Klasse 2 umfassen:

- Von Knoten 10 zu Knoten 11
- Von Knoten 11 zu Knoten 6
- Von Knoten 11 zu Knoten 8
- Von Knoten 3 zu Knoten 6

35 - Von Knoten 3 zu Knoten 8.

Links zwischen verschiedenen Klassen sind in der Figur 3 durch durchgezogene Pfeile gekennzeichnet.

5 In Figur 4 sind alle Links durch durchgezogene Pfeile gekennzeichnet. Nahe dem Ausgangsknoten 4 gibt es topologisch bedingt einen gewissen Engpass, denn der Weggefächer führt für alle Wege auf den selben Endpunkt, den Ausgangsknoten hin. So ist es beispielsweise leicht zu sehen, dass für einen schleifenfreien Weggefächer ein Knoten mit nur einem ausgehenden
10 Link existiert. Denn hätten alle Knoten der Klasse 1 einen zweiten ausgehenden Link zu einem anderen Knoten der Klasse 1, ergäbe sich eine Schleife. In Figur 4 ist das der Knoten 2, der nur einen ausgehenden Link aufweist.

15 Die Figuren 5 bis 8 zeigen nun erfindungsgemäß vorgesehene Reaktionen auf den Ausfall eines Links.

In Figur 5 ist der Links zwischen den Knoten 6 und 9 ausgefallen. Wie durch einen gepunkteten Pfeil angedeutet, wird
20 der Verkehr der normal zwischen den Knoten 6 und 9 übertragen worden wäre, nun über den Links von Knoten 6 nach Knoten 1 geführt.

In Figur 6 ist der einzige ausgehende Link von Knoten 2 zu
25 Knoten 4 gestört. Als Reaktion - durch gepunktete Pfeile dargestellt - werden Links zu Knoten der selben Klasse invertiert und dadurch zu ausgehenden Links. Der Link von Knoten 1 zu Knoten 2 und der Link von Knoten 9 zu Knoten 2 wird die Richtung umgedreht.

30 In Figur 7 sind die Links zwischen Knoten 9 und Knoten 2 und zwischen Knoten 9 und Knoten 4 ausgefallen. Knoten 9 hat damit keine ausgehenden Links mehr und besitzt auch keine ankommenden Links von Knoten der selben Klasse. Als Reaktion
35 werden sämtliche eingehenden Links von Knoten einer höheren Klasse invertiert. Es handelt sich um die Links von Knoten 6

zu Knoten 9, von Knoten 11 zu Knoten 9 und von Knoten 10 zu Knoten 9.

Figur 8 schließlich zeigt den selben Störfungsfall wie Figur 7, wobei aufgrund der Dauer der Störung eine neue Klassifizierung des Knotens 9 stattgefunden hat. Knoten 9 ist nun statt der Klasse 1 als ein Knoten der Klasse 3 eingeordnet. Die gepunktete Pfeile beschreiben nun die im Vergleich zum ungestörten Fall geänderte Verkehrsführung aufgrund der neuen Klassifikation des Knotens 9.

Patentansprüche

-
1. ~~Verfahren zur Festlegung eines Verteilungsfächers in einem~~
Paketnetz, das mit Knoten und Verbindungsabschnitten gebildet
5 ist, für Paketverkehr mit demselben Ausgangsknoten, bei dem
- Netzknoten in Klassen eingeteilt werden, und
- sich die Klassen nach der minimalen Anzahl der Hops zwischen den Netzknoten und dem Ausgangsknoten bestimmen, wobei
Netzknoten mit derselben minimalen Anzahl an Hops zu derselben
10 Klasse gehören.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
- dass von jedem Knoten einer Klasse wenigstens ein Link zu
15 einem Knoten der Klasse mit einer um eins niedrigeren Anzahl
an Hops geführt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet,
20 - dass von jedem Knoten einer Klasse entlang jedes Verbindungsabschnittes zu einem Knoten einer Klasse mit einer um eins niedrigeren Anzahl an Hops ein Link geführt wird.
4. Verfahren nach einer der vorhergehenden Ansprüche,
25 dadurch gekennzeichnet,
- dass für wenigstens einen Knoten einer Klasse, den ein Verbindungsabschnitt mit einem Knoten derselben Klasse verbindet, wenigstens ein Link zwischen dem Knoten und einem Knoten
derselben Klasse festgelegt wird.
- 30
5. Verfahren nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,
- dass auf Verbindungsabschnitten zwischen Knoten einer Klasse Links festgelegt werden, wobei die Festlegung
-

-- nach Maßgabe einer Maximierung der Zahl der ausgehenden logischen Links für den bzw. die Knoten der Klasse mit der geringsten Anzahl an ausgehenden Links und

5 -- nach maßgabe von Schleifenfreiheit bezüglich der Links zwischen Knoten der Klasse erfolgt.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet,

10 - dass für Knoten der Klasse die Knoten entsprechend der Anzahl an ausgehenden Links und gleicher Anzahl an ausgehenden Links bei Knoten entsprechend der Kapazität der eingehenden Links in eine Reihenfolge gebracht werden,
- dass wenigstens für einen Teil der Knoten entsprechend ihrer Reihenfolge für jeden Knoten die folgenden Schritte durchgeführt werden:

15 -- von dem Knoten wird der kürzeste Pfad zu der Menge der Knoten der Klasse, die um 1 geringer ist, identifiziert, wobei Pfade über die ausgehenden Links, die direkt zu Knoten
20 der Klasse $N-1$ führen, nicht betrachtet werden, und
-- wenn ein identifizierter Pfad nicht zu einer Schleife innerhalb der Knoten der Klasse führt, wird der Link über den ersten Verbindungsabschnitt des identifizierten Pfades als Link in den Verteilungsfächer aufgenommen.

25

7. Verfahren nach einem der vorhergehende Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,

- dass bei einem Knoten, der einer Klasse zugeordnet ist und der wenigstens zwei ausgehende Links hat, bei Ausfall einer
30 der ausgehenden Links der über diesen Link zu leitende Verkehr auf den anderen ausgehenden Link bzw. auf die anderen ausgehenden Links verteilt wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehende Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

- dass bei einem Knoten, der einer Klasse zugeordnet ist und der einen ausgehenden Link hat, bei Ausfall dieses ausgehenden Links

- 5 -- die Richtung aller auf ihn zugehenden Links, die bei Knoten derselben Klasse ihren Ursprung nehmen, invertiert werden, und
- für den Fall, dass keine auf ihn zugehenden Links, die bei Knoten derselben Klasse ihren Ursprung nehmen, existieren,
- 10 alle auf ihn zugehenden Links invertiert werden.

9. Verfahren nach einem der vorhergehende Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,

- dass bei Ausfall eines ausgehenden Links eines in eine
- 15 Klasse eingeteilten Knoten die Klasse des Knotens neu festgesetzt wird, wenn die Dauer des Ausfalls einen Grenzwert übersteigt.

Zusammenfassung

Verteilungsfächer für eine effiziente, ausfallsichere Verkehrsverteilung in einem Patentnetz

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Festlegung eines Verteilungsfächers in einem Paketnetz. Nach Maßgabe von Ausgangsknoten des Netzes wird eine Klassifizierung der Netzknoten vorgenommen, bei der sich die Klasse eines Knoten nach der minimalen Anzahl der Hops zwischen dem Netzknoten und dem Ausgangsknoten bestimmt. Auf die Klassifizierung aufbauend können Verteilungsfächer für Flows so festgelegt werden, dass Schleifenfreiheit gegeben ist und dass auf Störfälle flexibel reagiert werden kann.

10

15

Fig. 2

Classification of nodes

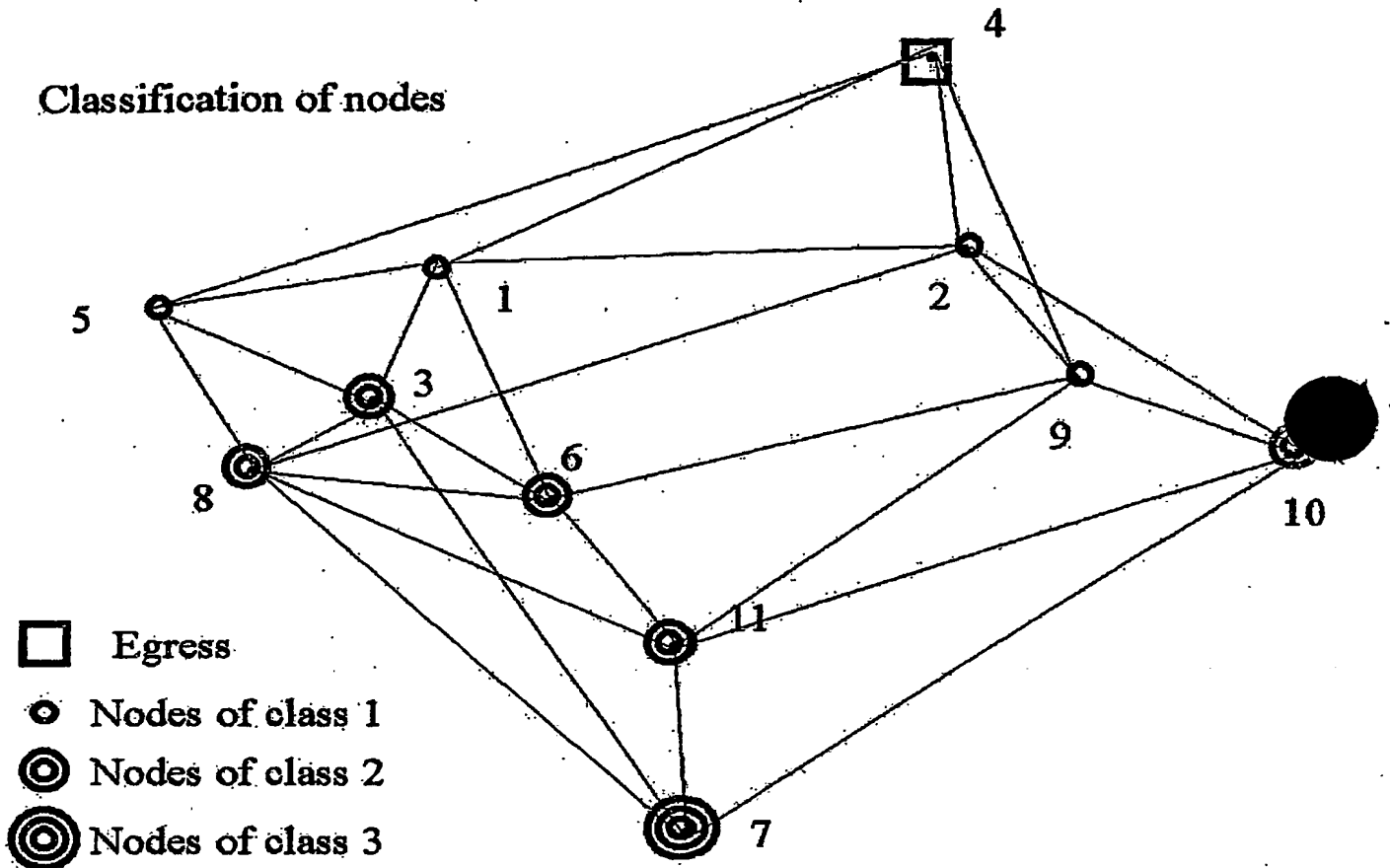


Fig. 1

Links between Classes

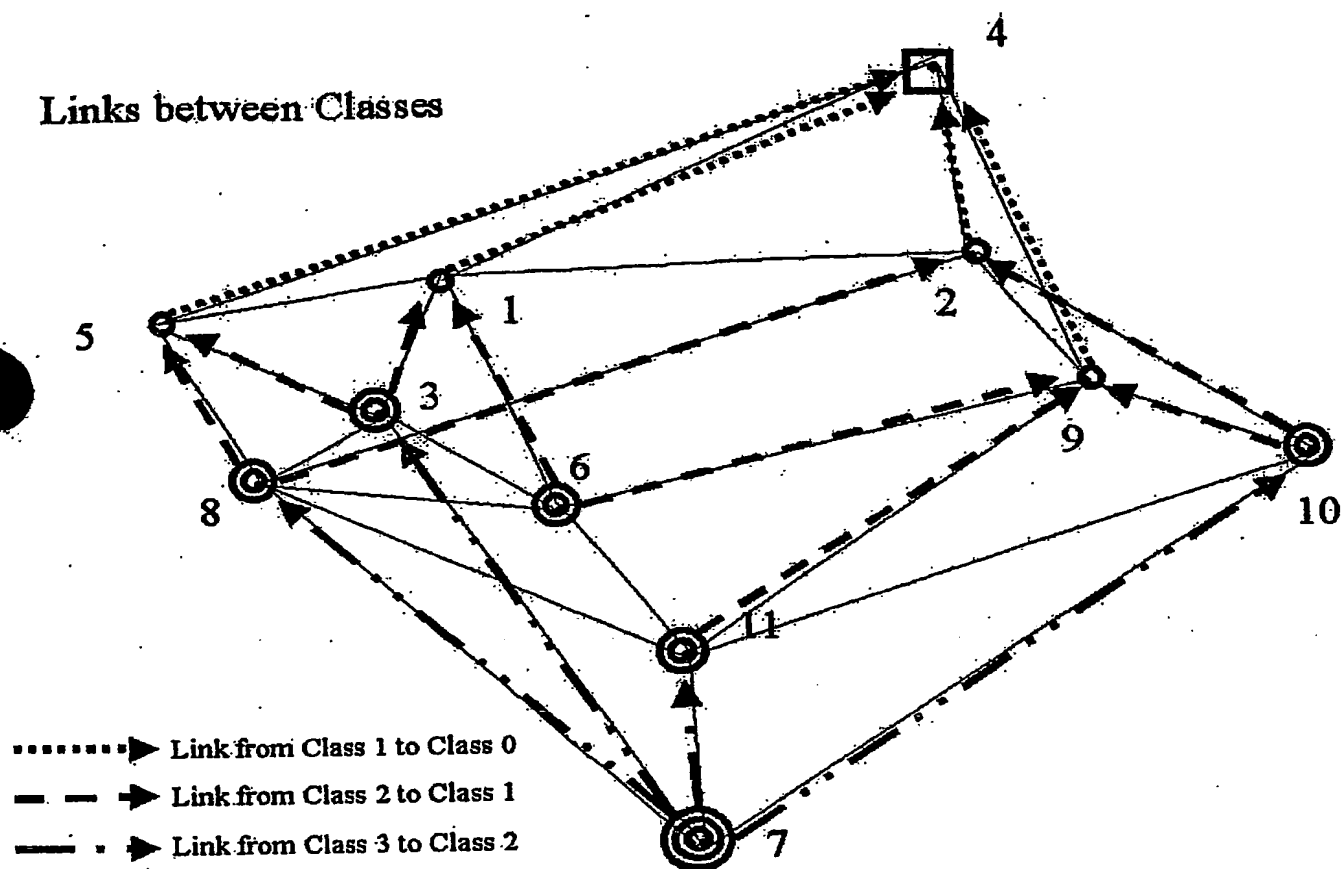


Fig. 2

Links within classes

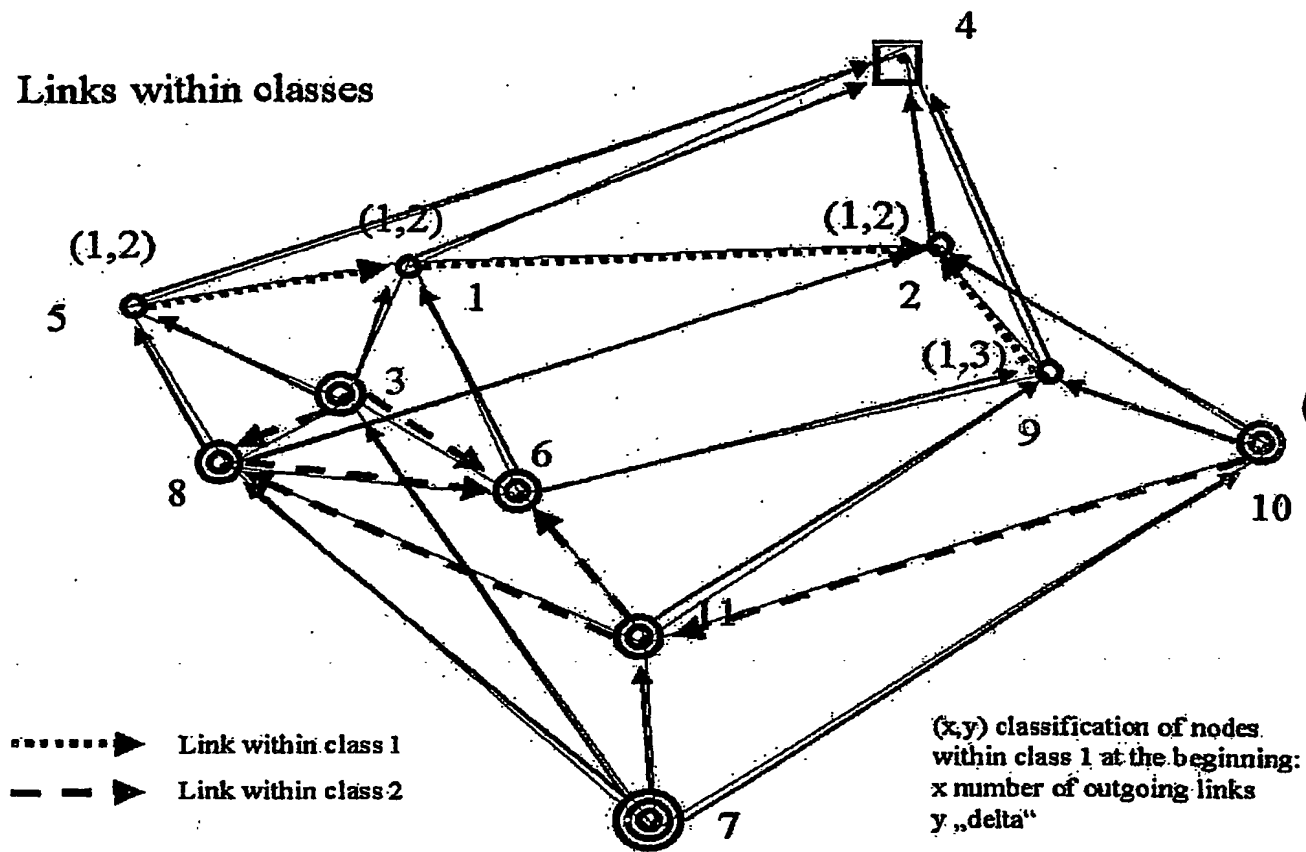


Fig. 3

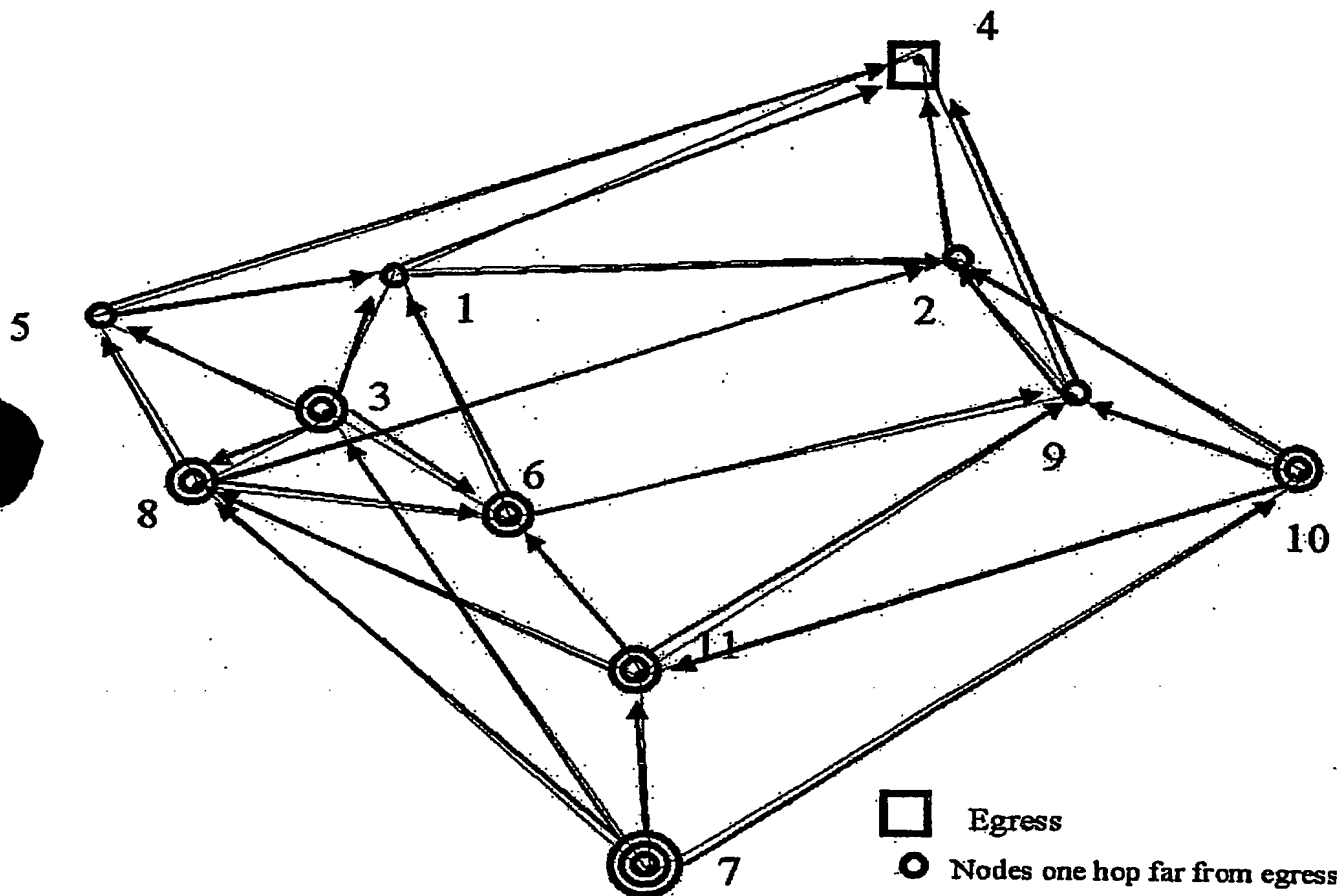


Fig. 4

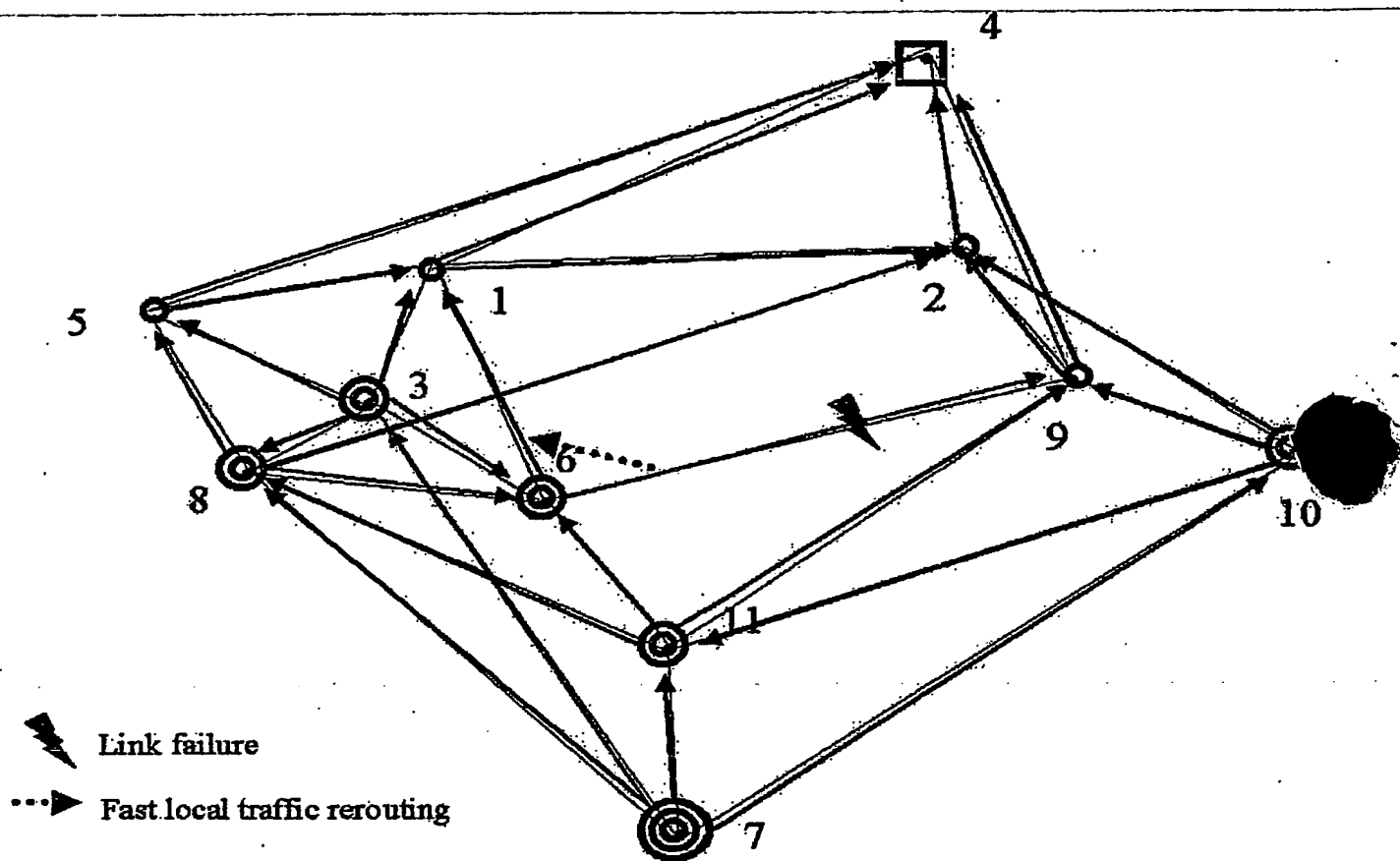


Fig. 5

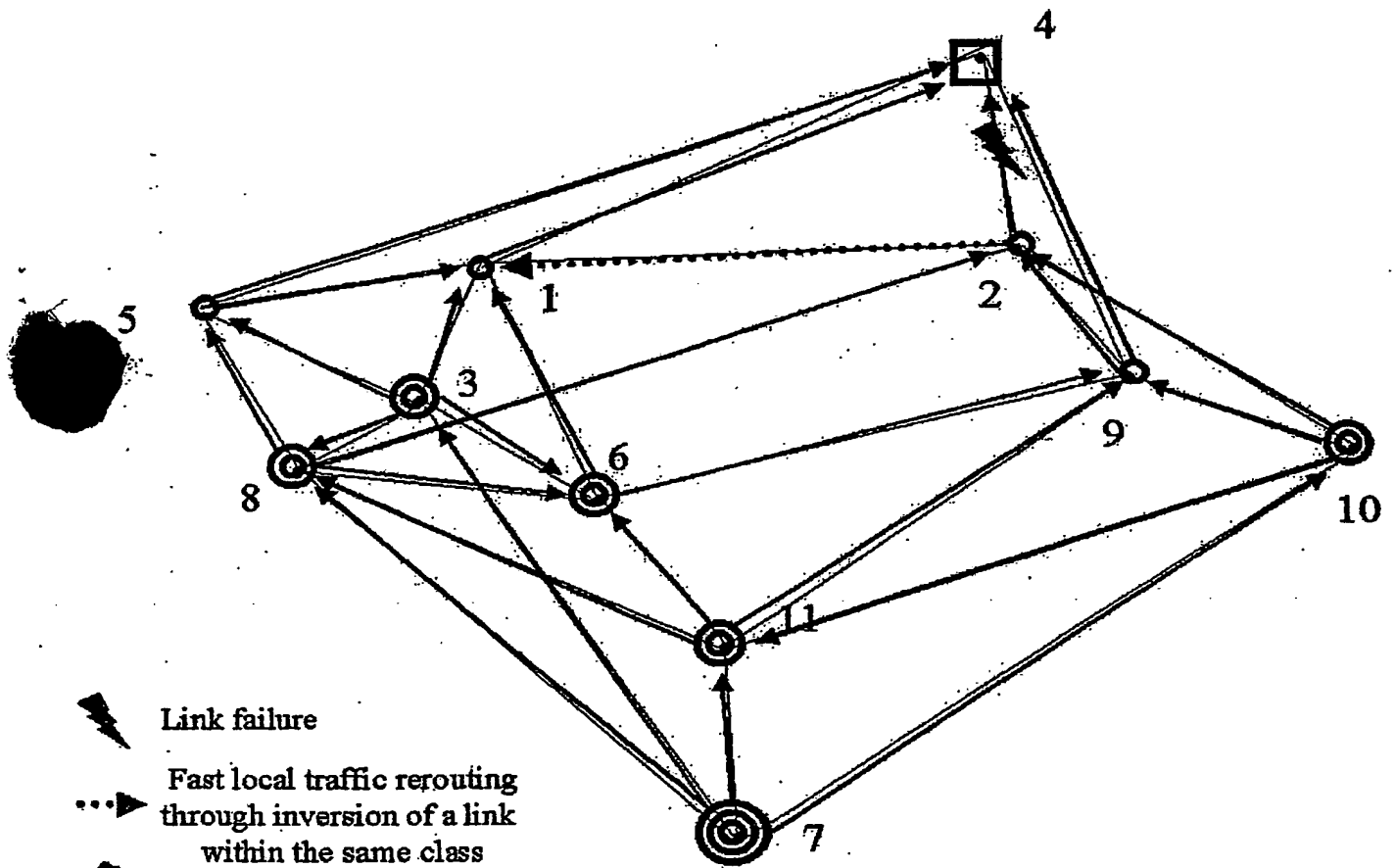


Fig. 6

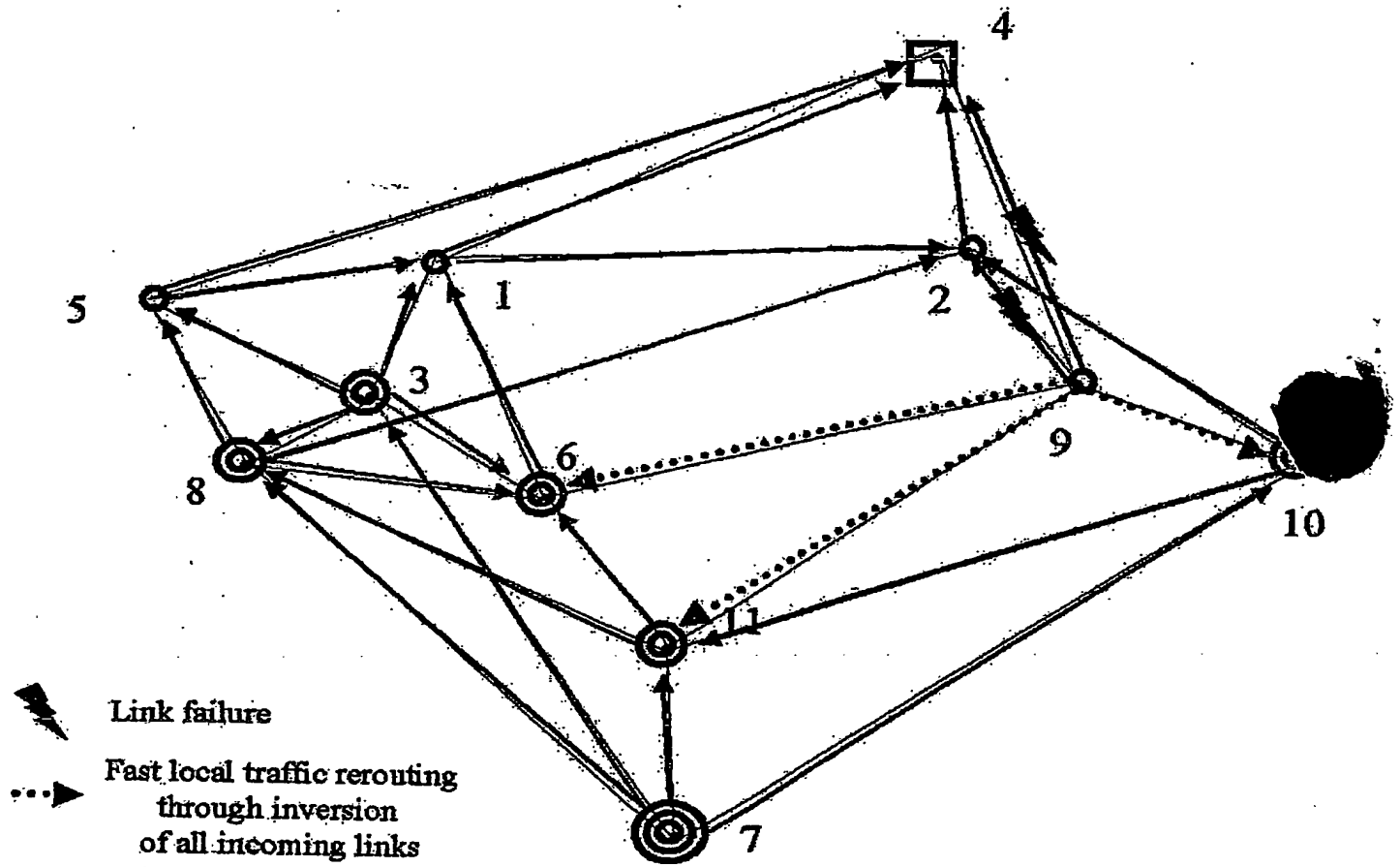
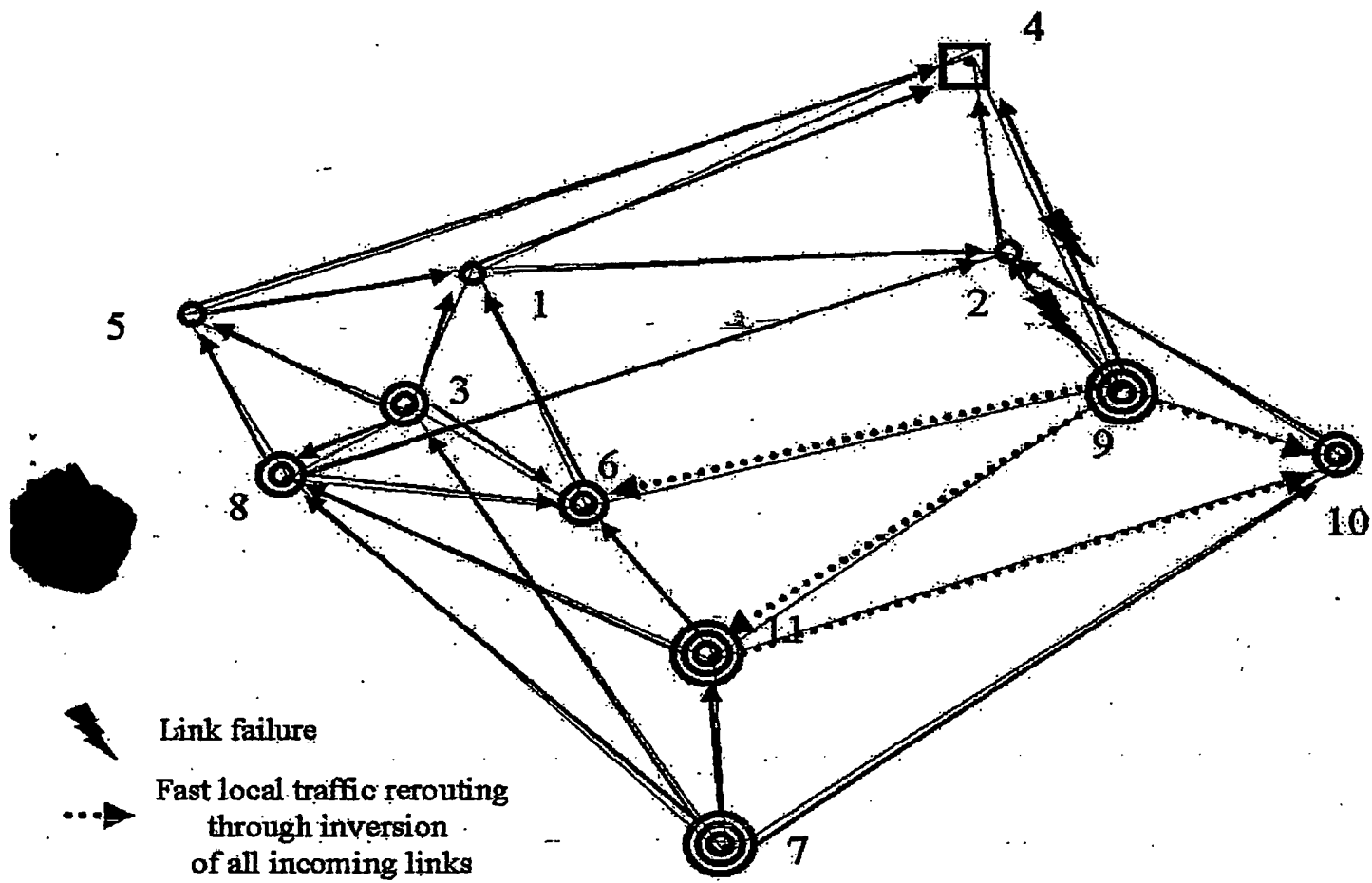


Fig. 7



⚡ Link failure
 ... Fast local traffic rerouting
 through inversion
 of all incoming links

Fig. 8

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.